

METHOD FOR PRODUCING A DENTAL PROSTHESIS

Patent number: DE19938144

Publication date: 2001-04-19

Inventor: HOESCHELER STEFAN (DE); FRANK SYBILLE (DE);
SUTTOR DANIEL (DE); SCHNAGL ROBERT (DE);
HAUPTMANN HOLGER (DE)

Applicant: ESPE DENTAL AG (DE)

Classification:

- International: A61C13/00; A61C13/08; A61C13/02; A61K6/02

- european: A61C13/00C, A61K6/06

Application number: DE19991038144 19990816

Priority number(s): DE19991038144 19990816

Also published as:



WO0112097 (A1)
EP1206223 (A1)

Abstract not available for DE19938144

Abstract of correspondent: **WO0112097**

The invention relates to a method for producing a dental prosthesis comprising the following steps: a) preparing a blank; b) machining the blank using milling methods; c) dense sintering the blank at a temperature ranging from 1200 to 1650 DEG C, whereby the blank comprises a presintered material and has a raw resistance to breaking ranging from 15 to 30 Mpa.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 38 144 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
A 61 C 13/00
A 61 C 13/08
A 61 C 13/02
A 61 K 6/02

⑦① Aktenzeichen: 199 38 144.5
⑦② Anmeldetag: 16. 8. 1999
④③ Offenlegungstag: 19. 4. 2001

DE 199 38 144 A 1

⑦① Anmelder:
ESPE Dental AG, 82229 Seefeld, DE

⑦② Erfinder:
Frank, Sybille, 82229 Seefeld, DE; Hauptmann,
Holger, 82404 Sindelsdorf, DE; Höscheler, Stefan,
82229 Seefeld, DE; Schnagl, Robert, 86899
Landsberg, DE; Suttor, Daniel, Dr., 82229 Seefeld,
DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 43 34 493 A1
US 58 43 348
EP 8 24 897 A2
EP 6 34 149 A1
EP 6 30 622 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von
Zahnersatz aus einem vorgesinterten Rohling in einer Be-
arbeitungsmaschine, wobei der Rohling eine Rohbruchfe-
stigkeit von 15 bis 30 MPa aufweist.

DE 199 38 144 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz. Ferner betrifft die Erfindung vorgesinterte Rohlinge aus Zirkonoxidkeramik, die eine Rohbruchfestigkeit in einem ausgewählten Bereich aufweisen.

5 Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz aus Rohlingen sind bereits im Stand der Technik beschrieben. So wird beispielsweise in der EP-B-0 160 797 ein Rohling und dessen Verwendung zur Herstellung zahntechnischer Formteile mittels eines Schleifwerkzeugs beschrieben. Ferner ist aus der EP-A-0 630 622 ein Verfahren zur Herstellung keramischer Dentalprothesen bekannt, bei dem ein Rohling einer bestimmten Zusammensetzung mittels eines rotierenden Werkzeugs schleifend bearbeitet wird.

10 Unter Rohlingen wird ein nicht bearbeiteter Materialblock bzw. -pressling verstanden, der im weiteren durch die Bearbeitung einer Formgebung zugeführt wird. Diese Rohlinge können aus den verschiedensten Materialien, insbesondere Keramik, bestehen.

Keramischer Zahnersatz wird üblicherweise durch Schleifbearbeitung von dichtgesinterten Keramik-Rohlingen hergestellt. Nachteilig an der Bearbeitung von dichtgesinterten Rohlingen ist insbesondere deren hohe Härte, die zu langen Bearbeitungszeiten und hoher Werkzeugabnutzung führt. Dadurch sind die Kosten der Bearbeitung dieser Rohlinge sehr hoch. Ferner ist bei der Schleifbearbeitung kein definierter Materialabtrag möglich, so daß keine hochpräzisen Formen generiert werden können.

Die Bearbeitung von bis zu einem gewissen Härtegrad vorgesinterten Rohlingen wird in der EP-A-0 630 622 auf Seite 3, Spalte 3, Zeile 13 ff. im Grundsatz erwähnt, wobei aber die Bearbeitung der Rohlinge durch Schleifverfahren beibehalten bleibt, die keine hochpräzise Form der beschliffenen Rohlinge gewährleisten. Weiterhin hat aus folgenden Gründen die Bearbeitung von vorgesinterten Rohlingen bisher nicht zu einer technischen Realisierung geführt:

Die Dichtsinterung eines vorgesinterten Rohlings nach der Bearbeitung geht mit Dimensionsänderungen einher, die schwierig zu berechnen und nur mittels komplizierter Verfahren auf die eigentlichen Fräsparemeter zu beaufschlagen sind. Daher sind nachträgliche Korrekturen nach der Dichtsinterung an nichtpassgenauen Zahnersatzteilen notwendig. Diese müssen aufgrund der höheren Härte der dichtgesinterten Zahnersatzteile mittels abtragender Verfahren erfolgen und sind als sehr kritisch zu bewerten, da eine Selbstheilung von Verletzungen der Oberflächenstrukturen, wie sie während des Dichtsinterprozesses stattfindet, nicht mehr nachgeholt werden kann. Der Stand der Technik beschreibt daher kein anwendbares Verfahren, bei dem vorgesinterte Rohlinge zur Herstellung von paßgenauem Zahnersatz verwendet werden können.

Die Verwendung von vorgesinterten Rohlingen ist im Gegensatz zu dichtgesinterten Rohlingen vorteilhaft. So werden beispielsweise die Bearbeitungswerkzeuge weniger stark abgenutzt, was zu längeren Standzeiten der Werkzeuge und dadurch zu erheblich verringerten Kosten führt. Auch ist die Herstellung feinsten Mikrostrukturen erst möglich, indem der vorhersagbare Schrumpf der Keramik beim Dichtsintern zu einer weiteren Verkleinerung der erzeugten Mikrostrukturen führt. Die unvermeidliche Beschädigung der Keramik bei der Bearbeitung ist bei vorgesinterten Rohlingen im Rahmen des Dichtsinterprozesses heilbar.

Um Zahnersatz durch Bearbeiten im nicht-dichtgesinterten Zustand herstellen zu können, wird eine vollkommen homogene Verteilung der Härte und Dichte innerhalb einer Raumrichtung des keramischen Rohlings benötigt, die im besonderen auch nach der Vorsinterung des Rohlings erhalten bleibt. Ganz besonders kritisch sind kleinste Abweichungen in der Dichte- und Härteverteilung der Keramik, wenn filigrane Strukturen oder mehrgliedrige Brücken hergestellt werden sollen, da schon geringste Inhomogenitäten zu Sollbruchstellen führen, die die Haltbarkeit dieser komplexen Strukturen erheblich beeinträchtigen oder zu einem unterschiedlichen Sinterverhalten, welches am Verzug des Werkstückes beim Sintern erkennbar ist, führen. Ein derartiger Verzug führt jedoch zu schlechter Paßgenauigkeit und damit zur Unbrauchbarkeit des Zahnersatzes.

Zusammenfassend besteht ein erheblicher Bedarf an Methoden zur Herstellung von paßgenauem Zahnersatz durch die Verwendung von vorgesinterten keramischen Rohlingen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung von paßgenauem, hochpräzisem Zahnersatz durch die Verwendung von vorgesinterten keramischen Rohlingen zur Verfügung zu stellen.

Überraschenderweise kann diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz aus einem vorgesinterten Rohling in einer Bearbeitungsmaschine gelöst werden, das dadurch gekennzeichnet ist, daß ein Rohling verwendet wird, der eine Rohbruchfestigkeit von 15 bis 30 MPa aufweist.

Besonders bevorzugt ist gemäß Anspruch 2 ein Rohling mit einer Rohbruchfestigkeit von 23 bis 28 MPa.

Unter Zahnersatz sind insbesondere Kronen sowie drei- und besonders mehrgliedrige Brücken zu verstehen.

Es wurde gefunden, daß die Bearbeitung von vorgesinterten Rohlingen, deren Rohbruchfestigkeit außerhalb dieses Intervalls liegt, nicht zu brauchbaren Ergebnissen führt. Im Falle von kleineren Rohbruchfestigkeiten resultieren zu weiche Rohlinge, im Falle von höheren Rohbruchfestigkeiten erhält man zu harte Rohlinge, die jeweils mit den üblichen Bearbeitungsverfahren nicht bearbeitet werden können.

Die Bearbeitung der erfindungsgemäßen vorgesinterten Rohlinge kann prinzipiell mit fräsenden, schleifenden oder erodierenden Verfahren durchgeführt werden. Besonders bevorzugt sind fräsende Verfahren. Durch die äußerst scharfen Schneidkanten der Fräswerkzeuge ist die Erzeugung feinsten Mikrostrukturen möglich. Die Schneidkanten des Werkzeuges bleiben über einen langen Benutzungszeitraum scharf, da der Rohling im vorgesinterten Zustand nur eine geringe Härte aufweist. Bei der fräsenden Bearbeitung des Rohlings arbeitet das Werkzeug der Bearbeitungsmaschine bei der Grobbearbeitung beispielsweise mit einer Drehzahl von 5000 bis 40000 Upm, bevorzugt 15000 bis 25000 Upm bei einer Vorschubgeschwindigkeit von 20 bis 5000 mm/min. bevorzugt 500 bis 3500 mm/min. Die Feinbearbeitung erfolgt beispielsweise bei einer Drehzahl von 5000 bis 50000 Upm, bevorzugt 18000 bis 35000 Upm mit einer Vorschubgeschwindigkeit von 20 bis 5000 mm/min. bevorzugt 500 bis 3500 mm/min. Bei beiden Bearbeitungsstufen wird beispielsweise ein Fräserdurchmesser von 0,8 bis 4 mm verwendet.

Besonders bevorzugt werden die Rohlinge ohne eine stützende Struktur bearbeitet. Der Bearbeitungsvorgang findet von der mit dem Zahnstumpf in Berührung stehenden und von der mit dem Zahnstumpf nicht in Berührung stehenden

Seite des fertig bearbeiteten Zahnersatzteils statt.

Die Rohlinge können aus bekannten Dentalkeramiken bestehen. Unter Dentalkeramiken sind im Rahmen dieser Erfindung Zusammensetzungen zu verstehen, die neben den üblichen keramischen Bestandteilen gegebenenfalls auch noch andere Bestandteile, wie Sinterhilfsmittel oder Verunreinigungen (Zusätze) enthalten können. Die Angabe von Rezepturen in Form von Komponenten und Gew.-% bezieht sich stets auf ein Produkt, welches keine Zusätze mehr enthält. Selbstverständlich sind geringe Spuren von Zusätzen, auch in der vor- bzw. endgesinterten Keramik, aus kinetischen, thermodynamischen oder chemischen Gründen möglich und daher auch als im Schutzzumfang dieser Erfindung enthalten zu verstehen.

Die erfindungsgemäßen Rohlinge weisen ferner eine bevorzugte Abweichung von der Linearität des Schrumpfes pro Raumrichtung auf, die kleiner als 0,05%, besonders bevorzugt kleiner als 0,01% ist.

Bevorzugt bestehen die erfindungsgemäßen Rohlinge aus Aluminiumoxid- oder Zirkonoxidkeramik. Besonders bevorzugt ist hierbei die Zirkonoxidkeramik.

Es ist bekannt, daß die Festigkeit von nichtmetallisch-anorganischen Systemen im allgemeinen vom kritischen Spannungsintensitätsfaktor K_{IC} abhängt. Dieser Faktor ist bei amorphen Werkstoffen, beispielsweise Gläsern deutlich niedriger als bei rein kristallinen Systemen (D. Munz/T. Fett: Mechanisches Verhalten keramischer Werkstoffe, Springer-Verlag). Somit sinkt auch die Festigkeit von Keramiken, wenn sich amorphe Phasen an den Korngrenzen bilden.

Überraschenderweise wurde festgestellt, daß Keramiken auf Zirkonoxidbasis mit einem Sinterzusatz von bis zu 0,50 Gew.-% mindestens eines der Oxide der Elemente Aluminium, Gallium, Germanium, Indium, Zinn, Blei, der Lanthanide eine besonders hohe und gleichmäßig verteilte Härte aufweisen. Sie sind daher besonders zur erfindungsgemäßen Herstellung von komplexem Zahnersatz und filigranen Strukturen geeignet.

Im Falle dieser Keramik wird der Vorsinterprozeß in einem bevorzugten Temperaturbereich von 850°C bis 1000°C, besonders bevorzugt zwischen 950°C und 980°C durchgeführt, um die erfindungsgemäße Rohbruchfestigkeit zu erzielen.

Derartige Keramiksysteeme weisen bekanntermaßen die Neigung auf, anisotrop zu schrumpfen, haben also einen in die drei Raumrichtungen unterschiedlichen Schrumpfung. Da dieser Schrumpfung in jeder Raumrichtung in sich linear ist, sind diese Keramiken überraschenderweise zur Herstellung von extrem paßgenauem und komplexem Zahnersatz äußerst geeignet.

Die Verwendung von Zirkonoxidkeramiken im medizinischen Bereich ist allgemein bekannt. Reines Zirkonoxid kann nicht für mechanische Anwendungen verwendet werden, da es beim Abkühlprozeß nach dem Sintern sein Volumen durch Modifikationsänderungen zu stark verändert. Durch Zugabe von Magnesium-, Cer- oder Yttriumoxid läßt sich dieser Prozeß aber eindämmen. Eine ausführliche Diskussion findet sich in "Aluminium- und Zirkonoxidkeramik in der Medizin", Sonderdruck aus Industrie Diamanten Rundschau, IDR 2/1993 sowie in der EP-A-0 634 149.

Der Zusatz von bis zu 0,50 Gew.-%, bevorzugt 0,15 bis 0,50 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,20 bis 0,50 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt 0,25 bis 0,50 Gew.-% mindestens eines der Oxide der Elemente Aluminium, Gallium, Germanium, Indium, Zinn, Blei, der Lanthanide zu derartigen Keramiken führt zur Erniedrigung der Sintertemperatur und Erhöhung der Stabilität und der hydrolytischen Beständigkeit im Gebrauchszustand. Dieser Sachverhalt findet sich für das Oxid des Aluminiums in der Produktinformation der Firma Tosoh "Zirconia Powder" 09/97 wieder. Die Verwendung der Keramik zur Herstellung paßgenauen Zahnersatzes ist hierin nicht nahegelegt und überrascht aufgrund der oben diskutierten Problematik.

Im besonderen ist daher Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein vorgesinterter Rohling aus Zirkonoxidkeramik der Zusammensetzung (1), enthaltend:

- (A) 91 bis 98,45 Gew.-%, bevorzugt 91 bis 97,25 Gew.-% Zirkonoxid,
- (B) 0 bis 3,5 Gew.-%, bevorzugt 0 bis 2,5 Gew.-% Hafniumoxid,
- (C) 1,5 bis 6,0 Gew.-%, bevorzugt 2,5 bis 6,0 Gew.-% Yttriumoxid,
- (D) 0,05 bis 0,50 Gew.-%, bevorzugt 0,15 bis 0,50 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,20 bis 0,50 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt 0,25 bis 0,50 Gew.-% mindestens eines der Oxide der Elemente Aluminium, Gallium, Germanium, Indium, Zinn, Blei, der Lanthanide,
- (E) 0 bis 1,9 Gew.-%, bevorzugt 0,0005 bis 1,5 Gew.-% färbende Zusätze.

Die Summe der Gew.-% der Komponenten (A) bis (E) muß sich zu 100 ergänzen.

Unter Komponente (E) der Zusammensetzung (1) sind färbende Oxide aus Elementen der Gruppe Pr, Er, Fe, Co, Ni, Ti, V, Cr, Cu, Mn zu verstehen, wobei bevorzugt Fe_2O_3 , Er_2O_3 oder MnO_2 eingesetzt werden.

Ferner ist Gegenstand der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von keramischem Zahnersatz, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rohling der Zusammensetzung (1) durch geeignete Bearbeitungsmaßnahmen in ein schwindungsangepaßtes, vergrößertes Modell des endgültigen Zahnersatzes umgearbeitet wird und anschließend zu seinen Enddimensionen dichtgesintert wird.

Die technische Herstellung der Zusammensetzung (1) gelingt durch Auflösen der in käuflichem Zirkonsand enthaltenen Komponenten (A) und (B) der Zusammensetzung (1) mit HCl, mechanischer Abtrennung der schwerlöslichen Verunreinigungen und Vereinigung mit den nach Behandlung mit HCl ebenfalls als Oxichloride bzw. Chloride vorliegenden Additiven (C) und (D) als wäßrige, stark saure Lösung.

Färbend wirkende Zusätze gemäß Komponente (E) werden anschließend ebenfalls als Chloride, erhalten durch Auflösung in HCl, zugesetzt.

Es schließt sich eine Kofällung der gelösten Komponenten durch Hydrolyse, Kalzination des Fällungsproduktes, Mahlung des Kalzinates auf die gewünschte Endfeinheit sowie unter Verwendung von temporären Gleit- und Bindemitteln ein Sprühtrockenprozeß an.

Das auf diese Weise erhaltene Granulat kann mit bekannten Preßverfahren in die gewünschte Vorform gebracht werden. Diese Presslinge werden durch eine binderabhängige Wärmebehandlung entbindert und bei einer Temperatur zwi-

DE 199 38 144 A 1

schen 850°C und 1000°C, vorzugsweise zwischen 950°C und 980°C beispielsweise mit 0,5 bis 4 h Haltezeit vorgesintert.

Keramikpulver enthaltend die Komponenten (A) bis (D) sind auch käuflich erwerbbar (Fa. Tobsoh, Tokyo, Japan).

Die mit gebräuchlichen Verfahren, beispielsweise CAD/CAM oder Kopierfräsen bearbeiteten Rohlinge werden bei 1300°C bis 1650°C, besonders bevorzugt 1350°C bis 1550°C beispielsweise mit 1 bis 3 h Haltezeit dichtgesintert.

Vorzugsweise vor dem Dichtsintern können ästhetische Maßnahmen, wie beispielsweise das individuelle Einfärben, vorgenommen werden.

Die Erfindung wird nachfolgend durch Beispiele näher erläutert, ohne daß sie durch diese beschränkt werden soll.

Angaben zu Festigkeiten, insbesondere Bruchfestigkeiten im Rahmen dieser Ausführungen beziehen sich auf den "Punch on three ball Test" gemäß ISO 6872.

Herstellungsbeispiele 1 und 2

Zirkonoxidkeramik mit Aluminiumoxidanteil

Bei Herstellung der Vorkörper im Labormaßstab wird bereits von reinen Chloriden, Oxichloriden oder Nitraten ausgegangen, im Beispiel werden Chloride eingesetzt.

Um ca. 200 g fertigdotiertes Pressgranulat zu erhalten, werden die Komponenten gemäß folgender Tabelle in destilliertem Wasser gelöst:

Nr.	M(ZrCl ₄) [g]	M(YCl ₃ ·6 H ₂ O) [g]	M(AlCl ₃) [g]	M(FeCl ₃) [g]	M(ErCl ₃) [g]
1 [Gefärbt] (%-Anteil als Oxid)	355,6 (94,0)	33,4 (5,17)	0,65 (0,25)	0,77 (0,2)	0,29 (0,38)
2 [Ungefärbt] (%-Anteil als Oxid)	357,66 (94,55)	33,36 (5,20)	0,65 (0,25)	0	0
Komponente	(A)	(C)	(D)	(E)	(E)

Es schließt sich eine Kofällung der gelösten Komponenten durch Hydrolyse an, wobei die vorgenannte Lösung mit 32 l 6-molarer wäßriger NH₄OH-Lösung versetzt wird. Dabei ist ein mindestens 30-facher Überschuß der OH⁻-Konzentration gegenüber dem stöchiometrischen Bedarf empfohlen. Das Fällungsprodukt muß anschließend Cl⁻-frei gewaschen werden. Die Kalzination des Fällungsproduktes erfolgt bei 700°C über 0,75 Stunden, gefolgt von einer Mahlung des Kalzinates auf eine Endfeinheit von D₅₀ = 0,6 µm sowie von einem Sprühtrockenprozeß unter Verwendung von temporären Gleit- und Bindemitteln (hier: 2,0 Gew.-% PVA, 0,15 Gew.-% Ölsäure bezogen auf Oxidversatz).

Das erhaltene Granulat wird mit einer isostatischen Presse in Rohlinge der Abmessungen d = 31 mm und l = 150 mm gebracht.

Die Presslinge werden durch eine Wärmebehandlung (Aufheizrate: 4 K/min bis 650°C, 1 h Haltezeit) entbindert und bei einer Temperatur bei 970°C mit 0,5 h Haltezeit vorgesintert.

Verfahrensbeispiele

Zur Herstellung von paßgenauen Brücken werden nach den Herstellungsbeispielen 1 und 2 hergestellten Rohlinge mit einem CAD/CAM-System durch Fräsen oder Schleifen bearbeitet und unter den folgenden Parametern dichtgesintert:

Aufheizrate: 10 K/min bis Endtemperatur: 1500°C

Haltezeit bei Endtemperatur: 2 h

Das Ergebnis ist in beiden Fällen ein extrem paßgenauer Zahnersatz mit hoher Festigkeit ($\sigma > 1000$ MPa).

Patentansprüche

- Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz aus einem vorgesinterten Rohling in einer Bearbeitungsmaschine, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling eine Rohbruchfestigkeit von 15 bis 30 MPa aufweist.
- Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling eine Rohbruchfestigkeit von 23 bis 28 MPa aufweist.
- Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling fräsend, schleifend oder erodierend bearbeitet wird.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling fräsend bearbeitet wird.
- Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei der fräsenden Bearbeitung des Rohlings das Werkzeug der Bearbeitungsmaschine mit einer Drehzahl von 5000 bis 40000 Upm und einer Vorschubgeschwindigkeit von 20 bis 5000 mm/min bei der Grobbearbeitung und einer Drehzahl von 5000 bis 50000 Upm und einer Vorschubgeschwindigkeit von 20 bis 5000 mm/min bei der Feinbearbeitung sowie jeweils mit einem Fräserdurchmesser von 0,8 bis 4 mm arbeitet.
- Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling von der mit dem Zahnstumpf in Berührung stehenden Seite und von der nicht mit dem Zahnstumpf in Berührung stehenden

Seite bearbeitet wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgesinterte Rohling aus Zirkonoxid- oder Aluminiumoxidkeramik besteht.

8. Vorgesinteter Rohling aus Zirkonoxidkeramik enthaltend:

(A) 91 bis 98,45 Gew.-% Zirkonoxid,

(B) 0 bis 3,5 Gew.-% Hafniumoxid,

(C) 1,5 bis 6,0 Gew.-% Yttriumoxid,

(D) 0,05 bis 0,50 Gew.-% mindestens eines der Oxide der Elemente Aluminium, Gallium, Germanium, Indium, Zinn, Blei, der Lanthanide,

(E) 0 bis 1,9 Gew.-% färbende Zusätze (als Oxide gerechnet),

wobei sich die Gew.-% zu 100 ergänzen müssen und der Rohling eine Rohbruchfestigkeit von 15 bis 30 MPa aufweist.

9. Vorgesinteter Rohling nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß er

(A) 91 bis 98,35 Gew.-% Zirkonoxid,

(B) 0 bis 2,5 Gew.-% Hafniumoxid,

(C) 1,5 bis 6,0 Gew.-% Yttriumoxid,

(D) 0,15 bis 0,50 Gew.-%, bevorzugt 0,20 bis 0,50 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,25 bis 0,50 Gew.-% mindestens eines der Oxide der Elemente Aluminium, Gallium, Germanium, Indium, Zinn, Blei, der Lanthanide,

(E) 0 bis 1,9 Gew.-%, bevorzugt 0,0005 bis 1,5 Gew.-% färbende Zusätze

enthält, wobei sich die Gew.-% zu 100 ergänzen müssen.

10. Vorgesinteter Rohling nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß er

(A) 91 bis 98,45 Gew.-%, bevorzugt 91 bis 97,25 Gew.-% Zirkonoxid,

(B) 0 bis 3,5 Gew.-%, bevorzugt 0 bis 2,5 Gew.-% Hafniumoxid,

(C) 1,5 bis 6,0 Gew.-%, bevorzugt 2,5 bis 6,0 Gew.-% Yttriumoxid,

(D) 0,05 bis 0,50 Gew.-%, bevorzugt 0,15 bis 0,50 Gew.-%, besonders bevorzugt 0,20 bis 0,50 Gew.-%, ganz besonders bevorzugt 0,25 bis 0,50 Gew.-% Aluminiumoxid,

(E) 0 bis 1,9 Gew.-%, bevorzugt 0,0005 bis 1,5 Gew.-% färbende Zusätze

enthält, wobei sich die Gew.-% zu 100 ergänzen müssen.

11. Vorgesinteter Rohling gemäß einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Rohbruchfestigkeit von 25 bis 28 MPa aufweist.

12. Vorgesinteter Rohling nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß er durch Sinterung bei einer Temperatur von 850°C bis 1000°C, bevorzugt 950°C bis 980°C erhalten wird.

13. Vorgesinteter Rohling nach einem der Ansprüche 8 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß er eine Abweichung von der Linearität des Schrumpfes pro Raumrichtung unter 0,05%, besonders unter 0,01% aufweist.

14. Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rohling nach einem der Ansprüche 8 bis 13 durch geeignete Bearbeitungsmaßnahmen in ein schwindungsangepaßtes, vergrößertes Modell des endgültigen Zahnersatzes umgearbeitet und zu seinen Enddimensionen dichtgesintert wird.

15. Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz, dadurch gekennzeichnet, daß ein Rohling nach einem der Ansprüche 8 bis 13 durch CAD/CAM-Verfahren in ein schwindungsangepaßtes, vergrößertes Modell des endgültigen Zahnersatzes umgearbeitet und zu seinen Enddimensionen dichtgesintert wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgesinterte Rohling nach dem Bearbeiten durch geeignete Bearbeitungsmaßnahmen ästhetisch nachbearbeitet und zu seinen Enddimensionen dichtgesintert wird.